

CAPITULO V

DEFINICION DE LOS PAISAJES NATURALES DE EL SALVADOR Y LA DISTRIBUCION DE LOS SUELOS

Es importante conocer la fisiografía de un lugar en la clasificación de suelos, porque casi siempre existen los accidentes geológicos íntimamente relacionados con los suelos desarrollados in situ, o sea a partir de la misma roca. Al describir los aspectos fisiográficos del lugar, éstos nos sugieren la trayectoria histórica de los suelos, que en dichos rasgos o aspectos pudieron ocurrir. Lo entendemos mejor si se piensa tanto en uno de los conceptos básicos de la geomorfología, que dice que los procesos geomórficos desarrollan su propio conjunto de formas y también en la pedogénesis, como cuando se recuerdan todos aquellos procesos o fenómenos químicos, físicos y biológicos, que intervienen en la meteorización y transformación de la roca original a través del tiempo, hasta convertirse en suelo. A pesar de esa transformación de las rocas, las formas fisiográficas conservan su mismo aspecto, aun cuando los contornos en esta etapa son más redondeados que antes.

Para facilitar la comprensión de lo que se tratará, se deben establecer patrones de definición de los diferentes aspectos fisiográficos de la estructura del país, así: podríamos decir que una unidad geomorfológica es un fenómeno estructural propio de la formación terrestre, que generalmente ha sido modelado por uno o varios y prolongados procesos que actuaron en su configuración, cuando no ha habido modificaciones violentas. Como gran paisaje se podría entender que es la apreciación visual de varios, uno o parte de los fenómenos estructurales terrestres, que concurren en un sitio. Pero en este trabajo consideramos el gran paisaje o paisaje natural, como participante en la definición de los principales sistemas estructurales del relieve de El Salvador y como tales se han dividido aquí en ocho sistemas, los cuales no se encuentran aislados o marcadamente definidos, sino que en muchos casos se presentan enmascarados al entremezclarse con otros aspectos.

Los ocho sistemas se describirán de S. a N.; varios de ellos se prolongan longitudinalmente a través del país, en dirección O. a E., facilitando así su ordenación desde la orilla del mar hasta el límite N. con Honduras y son los siguientes:

A. Planicie costera.

Está formada por aquellas áreas planas al S. del país y a orillas del mar, que se extienden de O. a E. en una angosta faja de 15 a 20 Kms. de ancho, interrumpida por los macizos montañosos del Bálsamo y de Jucuarán, que la dividen en tres porciones. La primera se inicia en la bocana del río Paz, frontera con Guatemala, hasta la Barra del Maguey, interrumpida por el macizo montañoso del Bálsamo. Después de dicho macizo montañoso, corre del puerto de La Libertad hasta las playas del Espino, y la interrumpe luego el bloque de Jucuarán. De allí se continúa desde las playas de El Cuco en una faja muy estrecha hasta las playas del Tamarindo. La cuarta porción es la que rodea el golfo de Fonseca, al extremo oriental del país.

La planicie costera la podemos subdividir en tres formaciones diferentes que son: planicies de Pie de Monte, Planicie Costera propiamente dicha y Bahías y Esteros. Las planicies de Pie de Monte son aquellas áreas inclinadas, ligeramente disecionadas y de relieve moderado a bajo, que se encuentran al pie de los macizos montañosos costeros y de algunos macizos montañosos volcánicos. La topografía varía de ligeramente ondulada a ondulada, con inclinación siempre hacia el S. o sea en dirección al mar. Las rocas subyacentes de estas áreas están compuestas de aglomerados volcánicos, tobas, lapilli y otros estratos aluviales antiguos. Son áreas que por lo general son de buen drenaje, con suelos moderadamente profundos dependiendo del grado de erosión. Pertenecen en su mayoría a los latosoles arcillo-rojizos, sólo que en el extremo occidental por el Puerto de Acajutla se encuentra a veces asociado con los grumosoles, ocupando éstos las posiciones cóncavas y los latosoles las convexas. Lo mismo ocurre en el extremo E. del país, donde se encuentra esta misma asociación, en punta Amapala en el golfo de Fonseca. En la parte central de esta planicie de Pie de Monte, a partir del río Huiza en el departamento de La Paz, hasta el Puente de Oro sobre el río Lempa estos suelos rojos se encuentran enterrados por mantos de cenizas volcánicas blancas, predominando los suelos regosoles y sólo en parches dispersos debido a la erosión, aparecen estos suelos latosoles arcillo-rojizos, pero es más frecuente su apareamiento a partir de la ciudad de Zacatecoluca al río Lempa, en la parte inferior de esta planicie. Además, se hallan en este tramo algunos grumosoles. Otra área algo similar a la anterior, en cuanto a los depósitos de ceniza volcánica, es la que se encuentra a partir de la hacienda La Carrera hasta la población de El Tránsito. Pero en esta zona ha habido mayor actividad volcánica y a causa de ellos los suelos enterrados son varios y algunos de menor desarrollo que los anteriormente descritos. Además, se encuentran algunos integrados andosoles y latosoles arcillo-rojizos (Inceptisoles, Alfisoles y Molisoles).

Planicies costeras propiamente dichas, son aquellas formadas por materiales aluviales, acarreados por los ríos que desembocan en el mar. Son áreas planas cruzadas por cañadas, de condiciones de drenaje restringido en su mayoría o con peligros de inundación. En el contacto superior de éstas con el inferior de las planicies de Pie de Monte, se encuentra en muchos lugares el afloramiento del manto freático alto, dando lugar a formación de lagunas. Este fenómeno es más evidente en la parte central que se extiende desde el río Jiboa hasta el río Lempa y entre las cuales se pueden citar las siguientes lagunas: El Zorral, Nahualapa, El Palmo, Contreras, La Pancha, Los Reyes, Los Micos, El Garrobo, Talquezal, etc.; en la Zona Oriental se puede nombrar por ser del mismo origen y la de mayor extensión de todas las mencionadas, la laguna del Jocotal.

Los suelos de esta zona pertenecen a los aluviales, o sea entisoles y algunos inceptisoles y molisoles, los cuales en su mayoría son suelos jóvenes que no manifiestan ninguna o muy poca evidencia de desarrollo. Algunos de estos suelos próximos a los esteros, a veces presentan manchas salinas dispersas, que limitan un poco el tipo de cultivo por sembrar.

Bahías y esteros. Estas áreas que, como su nombre lo indica, se refieren a la zona adyacente e influida por accidentes del litoral costero salvadoreño, incluyen también las áreas de las bocanas de los ríos que desembocan en el mar, cordones litorales, penínsulas y algunas islas formadas de materiales marinos. Los suelos cercanos a los esteros son suelos halomórficos, de alta concentración

salina, que impide el desarrollo normal de plantas de cultivo, y en ellos se desarrolla una vegetación halófila, muy bien representada por los bosques de mangle.

Las texturas de estos suelos halomórficos son muy variables; pueden ser desde arenosos hasta arcillo-limosos, son jóvenes, sin desarrollo en el perfil. En los cordones litorales y penínsulas, los suelos pertenecen a los regosoles, compuestos de materiales marinos no consolidados, de textura arenosa.

B. Montañas costeras.

Estos son grupos de montañas paralelas a la costa del mar, que interrumpen en tramos a la planicie costera.

Este grupo de montañas consta de tres macizos independientes, que de O. a E. los identificamos con el nombre de Apaneca, El Bálsamo y Jucuarán. Las montañas del Bálsamo y de Jucuarán casi bruscamente emergen del mar en su lateral S., luego en su extremo E. de ambos, se separan un poco del litoral costero. En el lateral N. de estas tres montañas se encuentra el farallón de falla que controla la fosa central. La montaña de Jucuarán, al separarse un poco de la línea costera en su extremo E., hace un giro casi de 90° hacia el N. antes de llegar al estero de Managuara, que forma la península del Tamarindo en el golfo de Fonseca. Al girar este macizo montañoso y al extenderse hacia el N. interrumpe en esa sección la prolongación de la fosa central en su continuidad hacia el E.

Los suelos predominantes de estas montañas costeras son los latosoles arcillosos rojizos, siendo más profundos los del bloque de Jucuarán, por su predominancia en los estratos inferiores de lavas basálticas y andesíticas. En cambio en la del Bálsamo las rocas subyacentes predominan los aglomerados y tobas de más difícil intemperización. El de Apaneca estaría más bien en una situación intermedia; por lo tanto, los suelos arcillo-rojizos de ambos bloques montañosos son menos profundos que los de Jucuarán.

En las partes más abruptas de estas montañas, los suelos son más someros y hay en muchos lugares afloramientos de rocas.

El macizo montañoso de Apaneca es el menos apreciable de los tres, por estar confundido con la cadena volcánica reciente. Esta montaña costera y la del Bálsamo son las que tienen zonas de contacto con el macizo montañoso volcánico, pertenecientes a la cadena volcánica reciente y en cuyo contacto es confusa la identificación de cada uno de ellos. A causa de esta situación de cercanía es que en las erupciones de los cráteres volcánicos vecinos a las montañas costeras se han depositado sobre el relieve de ellos materiales piroclásticos de diversos tamaños, sepultando los antiguos suelos latosoles arcillosos rojos. Y eso ha dado origen en esas partes a la formación de suelos andosoles y regosoles de cenizas volcánicas (Andepts y Entisoles). El contacto de la montaña costera de Apaneca con el macizo volcánico de Santa Ana es el más difícil de identificar, pues ambos corren confundidos en gran trecho. Su contacto no es muy claro con la meseta del macizo volcánico de Santa Ana, que se extiende de las poblaciones de Juayúa hasta Tacuba, en donde hay una gran influencia de suelos de cenizas volcánicas.

En cambio el del Bálsamo tiene su contacto con el volcán de San Salvador, en un recorrido más corto, que se verifica en el sitio aledaño al balneario de Los Chorros, en el tramo

que une la ciudad de Santa Tecla con la intersección de las carreteras de Santa Ana y de Sonsonate, separando ambos grupos montañosos por la carretera Panamericana, trazada casi en dicho límite.

C. Fosa central o graben.

Se conoce como fosa o graben, a una depresión alargada o bloque hundido de la corteza terrestre, que en sus extremos laterales se encuentra limitado por sendos farallones de falla.

La Fosa Central cruza todo el país de O. a E. en forma de mesetas bajas muy disecionadas y valles relativamente planos; entra de Guatemala, cruza todo el país y continúa a través del Golfo de Fonseca en dirección hacia Nicaragua. Este bloque hundido está controlado en sus costados N. y S. por una serie de fallas. La identificación de la fosa se hace evidente en el tramo de la Carretera Panamericana que conduce de la población de Ateos hacia la ciudad de Armenia. Allí la carretera corre en el borde S. de la fosa, en contacto con el farallón N. del macizo montañoso del Bálsamo, el cual evidencia el fallamiento de dicho bloque. El graben o fosa lo constituye entonces el valle de Zapotitán, cuyo borde N. se encuentra controlado por los cerros de Santiago y por el cerro de Tiguama, situados al N. y NO. de la Estación Experimental Agrícola de San Andrés. Otro ejemplo muy evidente de este mismo sistema es el farallón de falla constituido por Loma Larga, en donde se encuentra el Gran Mirador de Los Planes de Renderos, y el bloque fallado o fosa es el Valle de las Hamacas, en donde se encuentra establecida la ciudad de San Salvador. Este farallón, que constituye Loma Larga, continúa hacia el O. formando los cerros de Candelaria y las colinas de Santa Tecla. Al llegar a ese punto después de la ciudad de Santa Tecla, se confunde con el macizo montañoso del volcán de San Salvador, hasta que vuelve a manifestarse independiente, a la altura de la población de Cuyagualo y continúa en esa misma dirección, hasta interrumpirse en las cercanías de la ciudad de Sonsonate. En este último trecho está incluida el área antes citada que va de la población de Ateos a la ciudad de Armenia. En esta área descrita están como evidencia de la fosa, los valles de San Julián, San Isidro, Zapotitán, Nueva San Salvador y de Las Hamacas, valles discontinuados en tramos, debido a protuberancias volcánicas.

La Fosa Central en su extensión a través del país, se encuentra también interrumpida por dislocaciones falladas, casi perpendiculares a los bordes que la controlan, ocultando aún más la claridad de su continuidad. Un ejemplo magnífico de estos dislocamientos de falla es el que forma el Valle de Jiboa, en donde está asentada la ciudad de San Vicente, en su límite oriental. Allí la Carretera Panamericana en su recorrido hacia el E. y antes de llegar al desvío de la ciudad de San Vicente, corre por la cresta y pared del farallón de falla que controla la margen norte de la Fosa Central o graben. El desvío en el Km. 51 de la carretera Panorámica, que circunda el lago de Ilopango, se encuentra el punto de unión de las fallas de la fosa y la perpendicular a ella, cuya carretera Panorámica está trazada hasta algunos kilómetros al S. de la población de Jerusalén, en la cresta del farallón de falla, que interrumpe perpendicularmente a la Fosa Central.

Los suelos originados de cenizas volcánicas de la Fosa Central, debido principalmente a su origen y tiempo de deposición, no pueden considerarse que tengan características definidas o heredadas del sistema descrito en particular, porque en su mayor parte se han formado, o están en proceso dentro de él, suelos de materiales transporta-

dos ya sea por corrientes de agua o por eyecciones volcánicas de materiales piroclásticos y no de materiales que conforman la estructura original de la forma fisiográfica. A causa de la actividad volcánica en las calderas de Ilopango y Coatepeque, tenemos desde la ciudad de Santa Ana en el O., hasta el valle del río Lempa cerca del Puente Cuscatlán en el E., suelos de cenizas volcánicas relativamente recientes depositadas sobre antiguas y diferentes configuraciones del terreno, modificadas posteriormente por el proceso erosivo a que se encuentran sujetos. Tal actividad ha removido en parte la gruesa capa de ceniza volcánica, dejando aparecer en forma de parches los suelos rojizos arcillosos más antiguos, que permanecían enterrados. Estos afloramientos son visibles en áreas de Ciudad Arce y Armenia, en el O., y por la ciudad de Cojutepeque, en el centro. De la ciudad de Santa Ana hacia el Poniente por los valles de Santa Ana, Chalchuapa y los llanos de Ahuachapán, predominan estos suelos rojizos arcillosos desarrollados sobre tobas cementadas cafesosas, material más antiguo que las cenizas volcánicas nombradas anteriormente. En las partes más planas de los valles de esta área hacen su apareamiento, también, los suelos conocidos como grumsoles o vertisoles. En el E. estos suelos desarrollados sobre tobas cafesosas y lapilli, se extienden después del Puente Cuscatlán hasta la ciudad de San Miguel, predominando los latosoles arcillosos rojos o alfisoles. De allí al E. en dirección a la ciudad portuaria de La Unión, hasta la altura de la población de El Carmen, a orillas de la Carretera Panamericana, se extiende un valle amplio con estratos inferiores compuesto de toba cementada y posición casi a nivel, que ha favorecido la formación de suelos aluviales arcillosos y algunos grumsoles. A partir de la población de El Carmen hacia la ciudad de La Unión, la Carretera Panamericana cruza la estribación que gira perpendicularmente del macizo montañoso costero de Jucuarán y que interrumpe la Fosa Central. Los suelos de esta estribación son los latosoles arcillosos rojizos, que continúan hasta llegar a la planicie costera que circunda la bahía de La Unión, en el Golfo de Fonseca, compuesta de suelos aluviales y halomórficos (entisoles e inceptisoles).

Este sistema, geológicamente hablando, está íntimamente relacionado con el volcanismo reciente o cadena volcánica. Aquí se ha diferenciado y se define en otro sistema de gran paisaje, más bien por su aspecto y predominancia de los suelos que en ellos se han encontrado.

D. Cadena volcánica reciente.

Sistema evidente de la actividad volcánica actual, esta cadena volcánica viene de Guatemala por el O., cruza El Salvador y continúa por el E. a través de Nicaragua y Costa Rica.

Se encuentra representado este sistema por volcanes aislados, grupos de volcanes y calderas volcánicas, con sus respectivos altiplanos y lomeríos intermedios. Los primeros son característicos por su forma de cono invertido, cuya forma representativa es la bien formada silueta del volcán Chaparrastique o de San Miguel, los segundos lo componen las agrupaciones de volcanes que forman los macizos con sus valles y mesetas y el tercero o calderas volcánicas, que tenemos como ejemplos de este paisaje, las cuencas ocupadas por los lagos de Coatepeque y de Ilopango. Estas calderas volcánicas no presentan mayor protuberancia en el paisaje circundante, a no ser por el costado E. y SE. del Lago de Coatepeque y el costado S. del Lago de Ilopango, que tienen caídas pronunciadas; la extensión de estas calderas dentro del sistema es reducida. Orientando esta cadena volcánica siempre de O. a E.,

tenemos primero el macizo volcánico del Santa Ana o Lamatepec en el cual los conos volcánicos, de la propia cadena de volcanes, tiene la forma de un cometa, cuya cabeza la forma el volcán de Santa Ana con los conos de Las Cruces, Cerro Verde, San Marcelino e Izalco. Y los cerros Los Naranjos, El Águila, Las Ranas, Cachío, Cuyanausul, Laguna Verde, Las Ninfas, La Cumbre y Grande de Apaneca, forman la cola que se extiende a partir del Santa Ana hacia el O. en forma de arco, cuya parte convexa se encuentra en dirección N. Y es esta cola y el altiplano, que también es parte de este macizo volcánico, el que se extiende confundido con el bloque montañoso Costero de Apaneca, por lo que, como se dijo anteriormente, los suelos de esa Montaña Costera tienen mucha influencia en cenizas volcánicas, en el contacto con el macizo volcánico del Santa Ana.

Al pie y al E. del macizo volcánico del Santa Ana se encuentra la Caldera de Coatepeque, después continúa el Valle de Zapotitán, citado en el sistema de la Fosa Central y que es interrumpido en su extremo E. por el macizo volcánico del volcán de San Salvador, compuesto por los relieves del Picacho, El Boquerón y el Jabalí. A pocos kilómetros al E. se encuentra la caldera de Ilopango, la mayor responsable de la extensión de las cenizas volcánicas recientes en el país. En la misma dirección hacia el E. está el volcán de San Vicente o Chichontepec con su subsidiario el Volcancito. Continúa el macizo volcánico del Tecapa, que comprende la reunión de los volcanes Tecapa y Usulután y los cerros El Tigre, El Taburete, Cerro Pelón y otros mezclados dentro del mismo macizo, conjuntamente con los altiplanos y valles, que comprende las áreas más planas. Casi a continuación se encuentra el macizo volcánico de San Miguel o Chaparrastique, con algunos conos volcánicos menos agrupados o más espaciados que los bloques anteriores; como son el cerro o volcán de Chinameca, el cerro El Limbo y El Pacayal. Por último, en el extremo E. del país, está el volcán de Conchagua, que se encuentra completamente aislado y a cuyos pies se encuentra el Golfo de Fonseca.

Los suelos desarrollados o encontrados en esta cadena volcánica son todos originados de materiales piroclásticos y lavas por lo general basálticas. Las cimas de la mayoría de los volcanes como son el: Santa Ana, Izalco, San Salvador, San Vicente, Tecapa, Usulután, El Tigre, San Miguel y Conchagua, tienen abundantes afloramientos rocosos o capas de escoria y suelos esqueléticos, no desarrollados, es decir en el inicio de su formación. El Izalco, por ser de época más reciente, carece aún de suelos. Los conos y las faldas de la mayoría de los volcanes tienen fuerte cantidad de piedras, pero en mayor cantidad la tienen el volcán Conchagua, San Miguel, Tecapa, Usulután y El Taburete. El que aparentemente tiene menor cantidad de piedra es el de San Salvador; sin embargo, en gran extensión del mismo, se encuentra a veces aflorando y en otras a poca profundidad, unas capas endurecidas e impermeables, conocidas localmente como Talpetate. Los suelos de los conos y faldas de todos los macizos volcánicos tienen como estratos subyacentes cenizas volcánicas y lapilli; allí se encuentran los suelos esqueléticos y otros de poco desarrollo, como son los andosoles (andepts), regosoles (entisoles) y algunos conocidos en el levantamiento general de suelos como integrados latosol pardo forestal, que en la clasificación taxonómica de los Estados Unidos pueden estar entre los integrados entre los alfisoles e inceptisoles o uno u otro independientemente, así como algunos molisoles, dependiendo de los análisis de caracterización de suelos. En las faldas inferiores y planicies de pie de monte de estos macizos montañosos del Santa Ana, San Vicente, Tecapa, San Miguel

y Conchagua se encuentran los latosoles arcillo rojizos, además de algunos de los suelos nombrados anteriormente, como son los andosoles y regosoles. Los latosoles arcillo rojizos del Santa Ana y Tecapa se encuentran sin piedras en la superficie, por ser desarrollados de tobas cafesosas y lapilli; en cambio, los del San Miguel y Conchagua son muy pedregosos, son más influidos por lavas basálticas y andesíticas.

E. Complejo de valles interiores dispersos.

Este sistema es un poco complejo en cuanto a su origen, forma y distribución; pero se trata de reunir todas aquellas áreas relativamente planas, de magnitud aprovechable en la agricultura intensiva, rodeadas por zonas de mayor relieve y disección. Algunos de estos valles, D. Seeger ⁽⁷⁾ los denomina fosa interior, por formar otro graben, como es el valle donde están ubicadas las poblaciones de Nueva Concepción y El Paraíso, en el Departamento de Chalatenango, ubicadas al N. y con casi la misma orientación de la Fosa Central.

Los valles más antiguos tienen una orientación relativa de NO. hacia SE., y como la mayoría de ellos no tienen nombre propio, aquí se les denominará de acuerdo a la población o poblaciones importantes de sus cercanías; comenzando por el valle amplio de la ciudad de Metapán y parte de Candelaria de la Frontera, interrumpida a trechos por montañas y cerros, y continuada por la de Texistepeque, en el Departamento de Santa Ana. En el Departamento de Chalatenango, continúa por el de Nueva Concepción—El Paraíso, interrumpida luego cerca de la ciudad de Chalatenango, hasta aparecer por San Isidro, siguiendo hacia Villa Dolores en el Departamento de Cabañas y San Ildefonso en el Departamento de San Vicente. Este mismo valle continúa después del río Lempa en el valle al N. de Estanzuelas, que forman el Lempa y el río Gualcho, que, interrumpido nuevamente en varios trechos por cerros y quebradas, se prolonga hasta cerca de la población de Sesorí, en el Departamento de San Miguel. Surge nuevamente en la población de Chapeltique, en el mismo Departamento de San Miguel, y continúa en el Departamento de Morazán, formando un enorme valle salpicado de cerros y montañas, que lo interrumpen para verse cercado por las poblaciones de Guatajiagua, Yamabal, San Carlos y El Divisadero, en el Departamento de Morazán, y por Comacarán en el Departamento de San Miguel. Bloqueada la continuidad de su curso por una serie de cerros y montañas, hasta encontrarse en la ciudad de Santa Rosa de Lima, hallamos un valle amplio, que se prolonga hasta la población de Pasaquina y rodea en parte la bahía de La Unión.

Las rocas subyacentes de estos valles son por lo general aluviones y depósitos lacustres, tobas y aglomerados. Los suelos encontrados, en orden de importancia, son los regosoles y los grumosoles, los aluviales se encuentran siempre cerca de los ríos. La distribución de los mismos no tiene una lógica aparente; pero son debidas sus diferencias a pequeñas variaciones topográficas, posición que ocupan y clase de roca adyacente. Es interesante la aparición de los latosoles arcillo-rojizos. Estos se hallan al pie, cuando existen cerros de rocas basálticas o tobas cafesosas, pero son poco extensas a no ser por los valles en los alrededores de las poblaciones de Candelaria de la Frontera, Texistepeque, Chapeltique, Guatajiagua y Ya-

(7). SEEGER, DIETRICH: "Influencia de la Geología Regional en la Hidrología de El Salvador". An. Serv. Geol. Nac. de El Salvador, Boletín No. 4, San Salvador, 1961.

mabal. El valle más amplio de estos suelos arcillosos rojos está al S. de la intersección del río Gualcho y el río Lempa en el límite N. de los departamentos de Usulután y San Miguel. Se encuentran además suelos derivados de cenizas volcánicas en áreas adyacentes a la fosa central y que no pertenecen, a pesar de la similitud del paisaje, a ese sistema. Por lo tanto, son áreas con suelos regosoles y aluviales más fértiles de este complejo de valles dispersos.

En el borde Sur de la mayoría de estos valles, a veces es difícil su separación de los valles de la Fosa Central; pero los que son dignos de mención y no están orientados como los anteriormente descritos y no pertenecen a la Fosa Central son: el Valle de Aguilares, en el Departamento de San Salvador, el cual está compuesto de capas profundas de cenizas volcánicas, predominando los suelos regosoles (entisoles y algunos inceptisoles), en donde se cultiva en gran parte la caña de azúcar con buen éxito. Esta área de suelos de ceniza volcánica se encuentra, sin embargo, en zonas de influencias del volcán de Guazapa, con afloramiento de alguna importancia de latosoles arcillo-rojizos, algo pedregosos; otro es el valle en donde está situada la ciudad de Sonsonate, región ganadera por excelencia, bien desarrollada; y por último, la planicie que se extiende de la ciudad de Usulután hasta la intersección de la carretera del Litoral con la de El Delirio, en el Departamento de San Miguel. Este valle es de los más fértiles del país, dedicado al cultivo del algodón y cereales y en él se obtienen magníficas cosechas. Al costado Norte de los valles orientados, se encuentra otra serie de valles de suelos más antiguos y por lo general encerrados. Son de mencionar los de Nuevo Edén de San Juan, San Luis de la Reina y Carolina, al N. en el Departamento de San Miguel, los cuales tienen una topografía ligeramente ondulada, donde predominan los suelos latosoles arcillo-rojizos (alfisoles), asociados con los grumosoles (vertisoles). Y, por último, tenemos el valle que se extiende, no en forma continua, desde la población de El Sauce a Concepción de Oriente, donde los suelos que se encuentran en esta porción son regosoles y grumosoles, con abundantes afloramientos de tobas blancas o claras.

F. Complejo interior de montañas y cerros.

Este es el sistema más heterogéneo, más por su dispersión que por su composición. Por su composición los cerros y montañas o grupos de ellos están compuestos de rocas básicas y tenemos como consecuencia de ello la presencia de los suelos latosoles arcillo-rojizos. Estas áreas son de mayor edad que las montañas de la Cadena Volcánica Reciente y contemporáneos o más viejos que los de las Montañas Costeras. También se encuentran suelos esqueléticos a causa de la fuerte erosión, así como afloramientos rocosos; pero esto es más bien debido a efectos externos que a la propia composición de la roca.

El otro grupo de cerros y montañas estaría formado por rocas ácidas o de tobas claras, en donde se encuentran los regosoles, afloramientos rocosos o litosoles y muy ocasionalmente los esqueléticos arcillosos rojos. Con esta separación, se tratará de regionalizarlas; así tenemos, las áreas de cerros o montañas originados de rocas básicas: de O. a E. hallamos en el departamento de Santa Ana, el cerro Pinalón, montañas alrededor del volcán El Chingo, cerros al E. de la población de Texistepeque y cerros al SE. de la ciudad de Santa Ana, y hacia el NE. están las serranías de la ciudad de Chalatenango. Otro grupo importante es el que se levanta entre las poblaciones de Guacotecti, Sensuntepeque y Victoria. Otra agrupación, más al E. de la anterior y separada por el río Lempa; es la

que surge por las poblaciones de San Luis de la Reina, Carolina y San Isidro. En esa misma región NE. del país se encuentra otra área montañosa entre las poblaciones de Jocoaitique, Perquín y San Fernando, y así otros grupos por la zona de Corinto y Polorós. Se encuentran además otros cerros y montañas dispersos y muy mezclados que es difícil describirlos.

Los cerros y montañas originados de rocas ácidas por el contenido de sílice, en su mayoría son originados de tobas claras. Un grupo importante en el O. es el que se extiende cerca de Candelaria de la Frontera, hacia San Antonio Pajonal, en donde se encuentran suelos regosoles y litosoles fuertemente desforestados y erosionados. De esta zona podríamos trazar una franja imaginaria, del aparecimiento de áreas de tobas de diferentes composiciones, pero siempre dando lugar a los suelos regosoles y litosoles de baja productividad. Esta faja a partir del área antes mencionada, se dirige en dirección SE., desarrollándose en la parte central del país; de esta manera este grupo de tobas surge al N. de la ciudad de Santa Ana, mezclados con cerros de aglomerados volcánicos confundiendo con ellos, para que nuevamente hagan su aparecimiento importante en la zona central, por las poblaciones de San José Guayabal y Tonacatepeque. De aquí, hasta la población de Ilobasco y San Sebastián, en el E., la toba se encuentra en parte sepultada por gruesas capas de cenizas volcánicas, por lo que se advierte en esta región una agricultura más desarrollada que la típica de estas zonas.

De Ilobasco hasta adelante de San Isidro, se observa el afloramiento puro de la roca, región casi desprovista de cultivos. Continúa hacia San Ildefonso y Villa Dolores, cruza el río Lempa y aparece en Estanzuelas, al N. de Nueva Granada, Chapeltique, San Carlos, Jococho, Santa Rosa de Lima y Pasaquina. En esta última área en el extremo E. se encuentran grandes cerros que se extienden hacia el S. hasta la población de San Alejo y también hacia el N. principalmente del poblado de El Sauce a Concepción de Oriente.

Cabe mencionar también el aparecimiento de una toba blanca que cubre gran área, al N. de la población de Perquín en el NE. de El Salvador.

G. Cadena volcánica antigua.

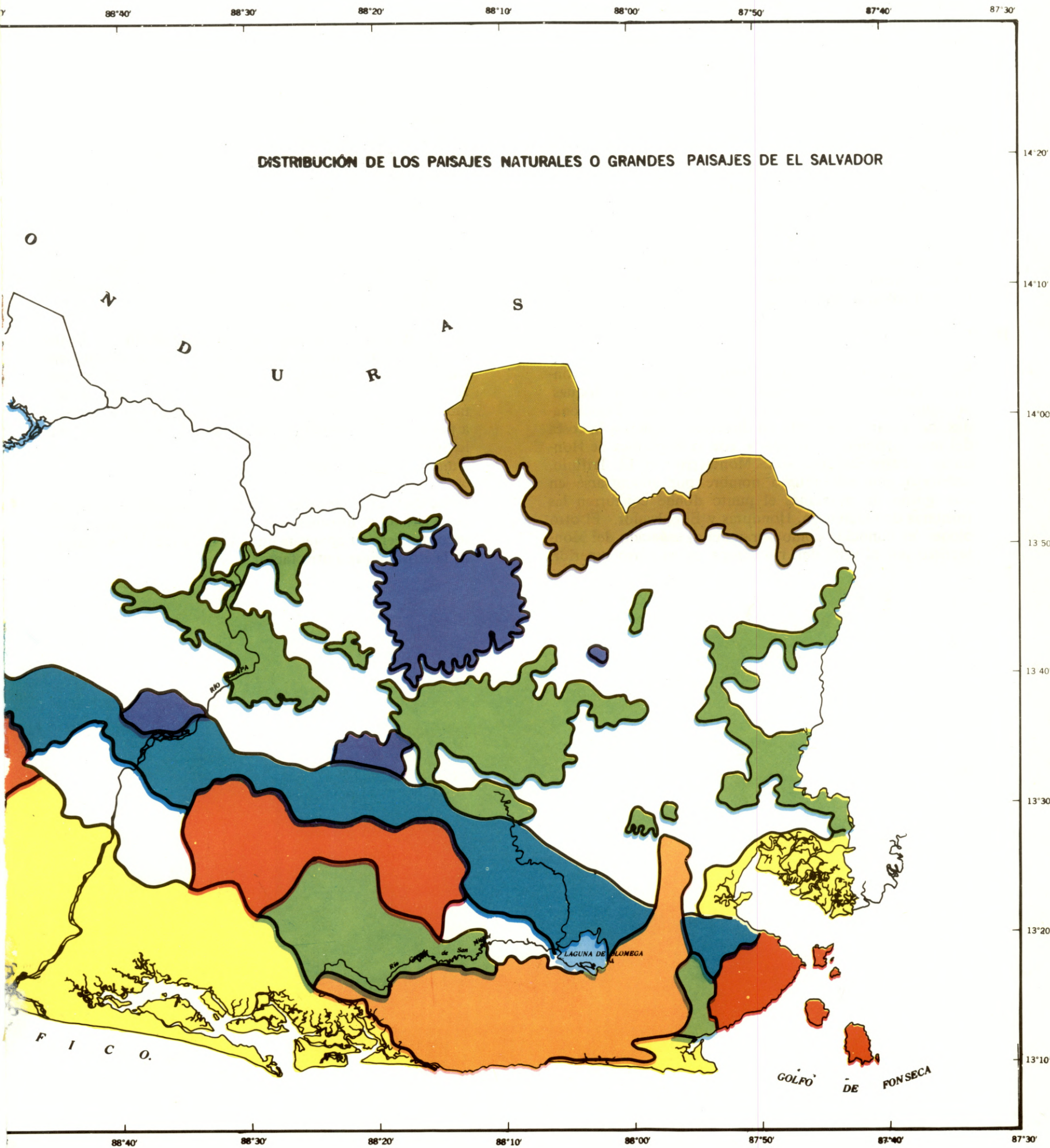
Este sistema ya había sido citado por Williams y Meyer Abich ⁽⁸⁾, D. Seeger ⁽⁹⁾ y otros, denominando así a un grupo de volcanes antiguos y grupo de cerros orientados siempre de O. a E. a través del país.

Reductos de este volcanismo antiguo tenemos en el grupo de volcanes o centros de erupción degradados, en los alrededores de Nueva Concepción en el Departamento de Chalatenango, compuestos actualmente por los cerros conocidos como Cerro Masahuat, Cerro Pacho, Las Visiones y El Amate; pero el más conocido y actualmente tan erosionado, que difícilmente puede uno formarse idea de lo que habrá sido en un tiempo el majestuoso volcán de Guazapa. Asimismo se encuentra el Cacahuatique al NE. del país, entre los departamentos de San Miguel y Morazán.

En el extremo O. y NO. se encuentran dos volcanes de mención que son: el Chingo, dividido entre El Salvador y Guatemala, y San Diego, a la orilla del Lago de Güija.

(8) Williams H. y Meyer-Abich: "Volcanism in the Southern Part of El Salvador". University of California. Press Berkeley and Los Angeles, USA. 1953.

(9) SEEGER, DIETRICH: Vide pag. 71.



Estos volcanes están orientados con el volcanismo antiguo, pero de la época perteneciente al volcanismo reciente.

La Cadena Volcánica Antigua, describiéndola de O. a E., está compuesta por los siguientes cerros y volcanes: los antes citados de Masahuat, Pacho, Las Visiones y El Amate en el departamento de Chalatenango; el Guazapa y El Tecomate en el departamento de Cuscatlán; el Siguatepeque en el departamento de San Vicente; Lolotique en el departamento de San Miguel y el Cacahuatique y Ocotepeque en el departamento de La Unión. La formación de estos cerros y volcanes se ha realizado a base de materiales volcánicos basálticos y andesíticos que datan de las épocas más antiguas del volcanismo en El Salvador. Por consiguiente han presentado las condiciones favorables para la formación de suelos latosoles arcillo rojizos y algunos podzoles rojo amarillentos, suelos considerados, que se han formado a causa de la mayor influencia del clima y el tiempo. Se encuentran además suelos esqueléticos, debido a la erosión de los mismos suelos citados, como también afloramientos rocosos. Corrientemente son bastante pedregosos, especialmente el cerro Siguatepeque. La agricultura que se ha desarrollado en estos sitios es primitiva y de subsistencia, a no ser por algunas excepciones, como los cultivos de café y forestales en el volcán Cacahuatique.

H. Cordillera norte.

Este sistema es conocido también como Cordillera Fronteriza Norte y está compuesta por tres grandes bloques de grupos de montañas altas y fuertemente disecionadas, orientadas de O. a E. en dirección paralela a la costa del mar, sirviendo de límite N. con la República de Honduras. Estos bloques son: Montecristo o El Trifinio, conocido con este último nombre por encontrarse en este grupo de montañas el punto donde concurren las fronteras de Guatemala, Honduras y El Salvador. El otro bloque es conocido como Miramundo, separado del Montecristo por el valle del río Lempa en su curso superior.

En el grupo Miramundo se encuentra la mayor elevación del país, conocida como Cerro El Pital, que tiene una altura de 2,730 m. sobre el nivel del mar.

Este sistema continúa por el territorio nacional con una serie de cerros y montañas más bajas hasta llegar al tercer bloque o sea el de Perquín y Sabanetas, y como parte de este bloque, podría incluirse las mesetas de Monteca más al E., separadas del bloque principal por una serie de serranías pertenecientes al territorio hondureño, que interrumpen su continuidad.

Este sistema está ubicado en el área donde existe la mayor precipitación en el país (2,000 a 2,900 mm. anuales) y de temperaturas más bajas que el promedio, así como áreas de mayor nubosidad anual, condiciones todas ellas adecuadas para la formación de suelos diferentes, aunque en las partes más bajas siempre encontramos los latosoles arcillo rojizos; pero los más característicos son los latosoles arcillosos ácidos, que pueden ser de colores rojizos y amarillentos en el subsuelo. En las regiones altas, con bosques de pino, se encuentran los denominados podzoles rojo amarillentos. Estos dos últimos suelos no han sido aún clasificados con la metodología de los Estados Unidos, por carecer de análisis suficientes de laboratorio de caracterización de suelos.

En áreas más restringidas se han encontrado los suelos conocidos como latosol hidrohúmico, que tienen algunas características distintivas de los Hydrandepts, de la clasificación taxonómica de los Estados Unidos; pero al mismo tiempo tienen características químicas que inducen a pensar que se encuentran en estado de degradación, por lo que se necesita mayores estudios de ellos para llegar a una mejor clasificación.

Indudablemente en estas regiones se encuentran los suelos esqueléticos o litosoles, así como grandes afloramientos rocosos, pero su aparecimiento se debe más a los estragos de la erosión que a otro factor.

CAPITULO VI

REGIONALIZACION DE LA EROSION

El Salvador, por su alta densidad de población (casi 190 habitantes por Km²), induce a una fuerte presión sobre la tierra disponible para las faenas agropecuarias, acarreado por consiguiente un desequilibrio en la utilización racional de las tierras de cultivo, al ocupar espacios de terrenos marginales, no apropiados a los cultivos o a los sistemas agrícolas utilizados. Se provoca así la deterioración de tales tierras por la erosión, disminuyendo su capacidad de producción y en consecuencia las áreas de producción agrícola.

El proceso erosivo ha aumentado sistemáticamente desde los tiempos en que se introdujo el sistema de cultivos limpios o de hilera, al no observarse ninguna medida de protección de las tierras en este tipo de explotación. El agravante de la práctica usual es que se crea barato y fácil deshacerse de los rastros por las quemadas, originando graves daños en las tierras de mayor pendiente, y es ahora fácil encontrar grandes áreas en que la roca aflora en la superficie de terrenos con cárcavas profundas y suelos con perfil truncado por la erosión laminar.

Dentro de los paisajes naturales, la erosión ha tenido diferentes grados de intensidad a causa de los factores siguientes: condiciones del suelo, grado de pendiente, naturaleza de la roca madre, clase de vegetación y manejo del suelo por el hombre.

Dentro del sistema de las planicies costeras, las de pie de monte son las más expuestas al deterioro por la erosión debido a las pendientes, ya que muchas de estas tierras se utilizan para cultivos limpios o de hilera. Afortunadamente en la actualidad se está tratando de protegerlas por medio de terrazas y siembras, siguiendo curvas de nivel, mayormente en los cultivos de algodón.

La planicie costera propiamente dicha, se encuentra sujeta más bien a una acumulación que a una degradación. La acumulación consiste de materiales coluvio-aluviales que han sido acarreados por sus naturales agentes de transporte, que son la gravedad y las corrientes de agua.

Las bahías y esteros han sufrido modificaciones debido a la fuerza del viento que provoca la erosión eólica y otros daños causados por el mismo. Estos daños van deviniendo más severos tierra adentro, a medida que avanza el descuaje de los bosques dulces y salados de la zona. Pero a pesar de que en algunos puntos de este sistema de las planicies costeras la erosión ha llegado a casos severos, aún no es tan alarmante como en otras regiones.

En el paisaje natural de las montañas costeras, cadena volcánica antigua y cordillera Norte, la erosión bastante grave que acusan es muy similar, principalmente en las áreas dedicadas a los cultivos de subsistencia de maíz y maicillo. Este es un sistema de cultivo nómada, consistente en sembrar un año determinadas parcelas para luego dejarlas descansar otros 3 ó 5 años, antes de volver el nuevo ciclo, para restaurar un poco la feracidad de esas tierras y así puedan producir otra cosecha.

Sin embargo, gran parte de estos paisajes naturales están constituidos estructuralmente de plegamientos de rocas basálticas y andesíticas fracturadas de fácil intemperización, así como de suelos de relativa profundidad y fuerte estructura.

Estas áreas con algunos remanentes boscosos o vegetación natural, permiten en parte la infiltración de las aguas lluvias, disminuyendo un tanto la escorrentía superficial, causante de la acción erosiva del agua. Esta situación está más bien expresada en el sistema de cadena volcánica antigua, por su formación de plegamientos de lavas. En cambio, en las montañas costeras se encuentran extensas áreas de aglomerados volcánicos y tobas claras en donde la erosión es tan severa y los materiales, de más difícil intemperización, permiten que se encuentren grandes zonas de afloramientos rocosos sin ninguna utilización agrícola en un futuro cercano. Lo mismo se puede decir de la cordillera Norte; pero ésta, además de ser más escabrosa en algunos lugares, la degradación es tal que existen grandes desplazamientos de masa, o sean fuertes aludes lodosos y rocosos que se desplazan montaña abajo, para luego ser arrastrados por los ríos. Ejemplos de éstos son los aludes lodosos que se desprendían de las cabeceras de los ríos Chimalapa y San José de Metapán, Departamento de Santa Ana (actualmente estabilizados), y los de la gran cárcava del Aguacatal, en La Palma, departamento de Chalatenango. Estos ejemplos son los más conocidos, existiendo muchos más, con el gran peligro de que muchos de ellos se encuentran dentro de las cuencas de las presas hidroeléctricas construidas, disminuyendo la vida útil de las mismas.

Los paisajes de la fosa central y el complejo de valles interiores dispersos, tiene por su configuración topográfica una acción menos declarada de la erosión hídrica, a no ser por algunas situaciones de fuerte pendiente. Bajo este aspecto la de mayor peligro de erosión sería la fosa central por tener muchas áreas alomadas y dedicadas en parte a cultivos limpios, a pesar de que los suelos predominantes en ella son de cenizas volcánicas con características favorables para más fácil infiltración que la mayoría de los suelos del complejo de valles interiores dispersos.

En varios sitios de estos paisajes, principalmente en la fosa central, se observa en la época seca fuertes tormentas de polvo, señal de una erosión eólica cuando se dejan los terrenos al descubierto o se usan sistemas de preparación de tierras que destruyen la estructuración superficial.

La cadena volcánica reciente, a pesar de que es un paisaje en el que predominan los fuertes declives, es el sistema que

tiene mejor protección contra la erosión, debido a condiciones tanto naturales como artificiales. En el primer caso se debe a su propia estructuración, compuesta de plegamientos de lavas porosas o fracturadas, recubiertas en su gran mayoría por materiales piroclásticos relativamente gruesos (tamaño de grava y arena), lo que favorece a una fácil infiltración profunda, impidiendo así en gran medida el escurrimiento superficial. Sin embargo, en el caso de lluvias prolongadas y de gran copiosidad, éstas provocan fuertes avenidas en las quebradas que surcan los conos volcánicos y que causan a veces grandes estragos en las partes bajas.

Las causas artificiales que protegen de la erosión este sistema son debidas a las condiciones particulares de estos suelos, desarrollados de cenizas volcánicas de alta fertilidad y a situación de altura adecuada que favorece a un microclima ideal para el cultivo del cafeto. Este es un arbusto permanente que se siembra bajo sombra, que hace necesaria la plantación de árboles de mayor fuste para que sus ramas no interfieran con las del cafeto, desarrollando así un bosque artificial de dos techos que protegen el suelo del impacto directo de las gotas de lluvia y que además favorecen la infiltración y disminuyen el escurrimiento superficial. Como este es un cultivo rentable, en grandes extensiones se ha establecido un sistema de protección contra la erosión, que consiste en sembrar en terrazas o proteger el suelo con barreras vivas que siguen las curvas de nivel.

A causa de las razones antes citadas, este sistema es el principal elemento de acopio de los acuíferos más ricos del país.

Complejo interior de montañas y cerros.

Este sistema, con respecto a la erosión, es comparable en su comportamiento a los sistemas descritos de montañas costeras y cordillera N., por estar compuestos de materiales estructurales semejantes a rocas tanto básicas como ácidas, distribuidos en forma dispersa; pero con mayor concentración en la faja central, razón por la cual la erosión ha tenido mayor degradación superficial que los demás sistemas debido a la actividad antrópica, por haber sido ésta uno de los principales asentamientos desde la época precolombina, de la población salvadoreña.

LÉXICO ESPECIALIZADO

ALÓFANA o ALÓFANO: Material mineral amorfo del tamaño de las arcillas. Originado de las cenizas volcánicas.

ALUVIAL: Material arrastrado por corrientes de agua.

ARCILLA: Partículas de diámetro inferior a 0.002 mm.

ASIMILABLE o DISPONIBLE: Capaz de ser absorbido por las raíces.

CAPA ARABLE: La capa del suelo removida en el cultivo.

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO: Número de miliequivalentes de iones que pueden ser absorbidos por 100 gr. de material, a un pH específico.

CAPA FREÁTICA o MANTO FREÁTICO: Nivel superior del manto de agua.

CATENA: Una sucesión de diferentes suelos provenientes generalmente de un material parental semejante, pero variando según la topografía y el drenaje.

CLASIFICACIÓN GENÉTICA: Clasificación basada en la génesis y morfología de los suelos.

CONCRECIÓN: Agregado que se forma a consecuencia de la precipitación sucesiva de algunos compuestos químicos, alrededor de un núcleo.

CONSISTENCIA: El grado de cohesión del suelo o de sus agregados.

DEGRADACIÓN: Evolución de un suelo en un sentido desfavorable, generalmente por un incremento de lavado.

DETRITOS: Acumulación de fragmentos de rocas, materia

orgánica muerta, etc.

ELUVIAL: Horizonte cuyo material soluble ha sido lavado.

EPIPEDÓN: Horizonte superior.

EPIPEDÓN MÓLICO: Epipedón de 18 cms. de espesor, contiene 10% de materia orgánica y con estructura.

ESTRUCTURA: Agregados de las partículas individuales del suelo, formando unidades mayores con evidentes planos de rotura. Agregados conocidos también como "peds".

FIJACIÓN: Conversión de un elemento nutritivo en el suelo, en una forma menos asimilable para las plantas.

GLEYS: Capa de color gris a gris verdoso, con moteos rojizos debido a oxidación y reducción parcial, debido al anegamiento intermitente de la capa freática.

HIDROMÓRFICO: Desarrollado en presencia de agua en exceso, ya sea temporal o permanentemente.

HORIZONTE: Una capa que ha adquirido rasgos distintivos, producidos por los procesos de formación del suelo.

HORIZONTE ARGÍLICO: Formado por arcilla iluvial, con 30% de mayor contenido de arcilla que el horizonte eluvial suprayacente, si éste tiene menos de 15% de arcilla, u 80% más de arcilla que el eluvial, si éste tiene más de 40% de arcilla.

HORIZONTE DIAGNÓSTICO: Capa del suelo con características particulares bien definidas.

HUMUS: Materia orgánica parcialmente descompuesta y más o menos resistente a una descomposición microbiológica ulterior.

ILUVIAL: Horizonte en que se acumulan las sustancias que provienen de otros horizontes.

INTERCAMBIO DE CATIONES: Sustitución de un catión retenido por fuerzas de superficie del complejo absorbente, por otro.

LATERÍTICO: Que contiene muchos sesquióxidos, pero poca sílice combinada.

LÍTICO: Relacionado con las rocas.

LITOSOLES: Suelos muy superficiales sobre roca dura.

LIXIVIAR: Remover material soluble por lavado a través del suelo.

MADURO: Suelo que tiene un perfil bien desarrollado y en equilibrio con el medio ambiente.

MINERAL PRIMARIO: Mineral no alterado de la roca madre.

MINERAL SECUNDARIO: Sustancia formada a partir de los productos de descomposición de una roca.

MORFOLOGÍA: Rasgos que presentan los horizontes y agregados estructurales que constituyen el perfil del suelo.

PEDOGÉNESIS: La formación del suelo a partir de la roca madre, o material parental.

PERFIL: Sucesión de horizontes desde la superficie, hasta la roca subyacente.

PISO DE ARADO: Capa de suelo compactada por el paso del arado.

PLÁSTICO: Que se deforma sin romperse.

SATURACIÓN DE BASES: Estado del complejo absorbente, correspondiente a la retención de cationes metálicos, en condiciones de determinado pH.

SOLUM: La capa de la corteza terrestre sobre la que influyen el clima y la vegetación.

TAXONOMÍA: Clasificación natural de individuos semejantes.

TEXTURA: Característica derivada del tamaño de las partículas individuales del suelo.

TRUNCADO: Que ha perdido todo o parte del horizonte superior.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.— AOMINE, S. y WADA, K. Differential Weathering of Volcanic ash and Pumice, Resulting in Formation of Hydrated Halloysite (1962), pag. 1024-1048, Reprinted from American Mineralogist.
- 2.— BONNET, JUAN A. Manejo de los Oxisoles, Suelos Lateríticos del Trópico Húmedo, para lograr Rendimientos Óptimos de Cosechas. Informe de la Reunión Internacional sobre Problemas de la Agricultura en los Trópicos Húmedos de América Latina. Lima. 1966.
- 3.— BUCKMAN Y BRADY. Naturaleza y Propiedades de los Suelos. Traducción R. Salvo Barceló, 6a. ed. Barcelona. Montaner y Simón S.A., 1970. 590 p.
- 4.— BUOL, S.W., HOLE, F.D., McCracken, R. J. Soil Genesis and Classification. Iowa State University, Ames 1973. 348 p.
- 5.— DENG, GABRIEL. Estructura Geológica, Historia Tectónica y Morfología de América Central. Centro Regional de Ayuda Técnica, AID, México, 1968.
- 6.— DENYS, ROBERTO. Distribución e Importancia de los Suelos Vertisoles en El Salvador. Mimeografiado, 11 pág. San Salvador, 1975.
- 7.— DONAHUE, ROY, L., Soils. An Introduction to Soils and Plant Growth. Ed. 2a. Englewood Cliffs. Prentice-Hall, 1965. 363 p.
- 8.— EL SALVADOR. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. Levantamiento General de Suelos. 29 cuadrantes. San Salvador. Lud Dreikorn 1959-1967. Mapas en colores.
- 9.— FAO. Vocabulario Multilingüe de la Ciencia del Suelo. Roma, FAO, 1966.
- 10.— JAPAN, MINISTRY OF AGRICULTURE AND FORESTRY. Volcanic Ash Soils in Japan. Tokyo 1964. 211 p.
- 11.— KLINGEBIEL, A.A. y MONGOMERY, P.H. Clasificación por Capacidad de Uso de las Tierras, Traducción por F. J. Valencia, Centro Regional de Ayuda Técnica, AID, México, 1962.
- 12.— KNOX ELLIS, G. Criterios para Clasificación de Suelos según la Séptima Aproximación en las Tres Categorías Superiores. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Turrialba, Costa Rica.
- 13.— MISIÓN GEOLÓGICA ALEMANA en Colaboración con el CENTRO DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS. Mapa Geológico General de la República de El Salvador, Esc. 1:500,000. 1 mapa en color, Munstermann Druck, Hannover, Alemania, 1974.
- 14.— MENÉNDEZ, MIGUEL E., Evaluación del Contenido de Arcilla Alófana y su Relación con la Capacidad de Fijación del Fósforo en Algunos Suelos de El Salvador, Informe de Avance, Mimeografiado 19 pág. San Salvador, 1975.
- 15.— RICO, M. A., Características del Gran Grupo de Suelos Latosoles Arcillo-Rojizos de El Salvador. Informe 8a. Reunión Centroamericana del Proyecto Cooperativo para el Mejoramiento del Maíz (PCCMM), San José, Costa Rica, 1962, pp. 56-59.
- 16.— ———, Report on Soils of Volcanic Ash Origin in El Salvador. Meeting on the Classification and Correlation of Soils from Volcanic Ash. Japan 1964. In World Soils Resources Report No. 14.
- 17.— Ing. MIGUEL ÁNGEL RICO N. Las Nuevas Clasificaciones y los Suelos de El Salvador. Editorial Universitaria, 98 pág. San Salvador, 1974. ed. Facultad de Ciencias Agronómicas, 1974.
- 18.— RUSSEL, E. J. Las Condiciones del Suelo y el Desarrollo de las Plantas, trad. Gaspar González y González. Madrid Aguilar, S.A., 1959. 771 p.
- 19.— SEEGER, DIETRICH. Influencia de la Geología Regional en la Hidrología de El Salvador. Anales del Servicio Geológico Nacional de El Salvador, Boletín No. 4, San Salvador, 1961.
- 20.— SOIL SURVEY STAFF USDA. Un Sistema Comprensible de Clasificación de Suelos. 1960. Traducción de la versión inglesa por Pedro H. Etcheverre INTA, Argentina, 1962.
- 21.— ———, Soil Classification. A Comprehensive System, 7th. Approximation 1960. 1964, 1967.
- 22.— ———, Supplement to Soil Classification System. (7th. Approximation). Histosols. 1968.
- 23.— SOIL SCIENCE DEPARTMENT. A Review of Soils Research in Tropical Latin America. North Carolina State University at Raleigh, 1972.
- 24.— SWINDALE, L. D., and G. D. SHERMAN. Hawaiian Soils From Volcanic Ash. Japan 1964. Meeting on the Classification and Correlation of Soils from Volcanic Ash. In World Soils Resources Report No. 14. Rome, 1965. pp. 36-49.
- 25.— WILLIAMS, H. y MEYER ABICH. Volcanism in the Southern Part of El Salvador. University of California. Press Berkeley and Los Angeles. USA. 1953.